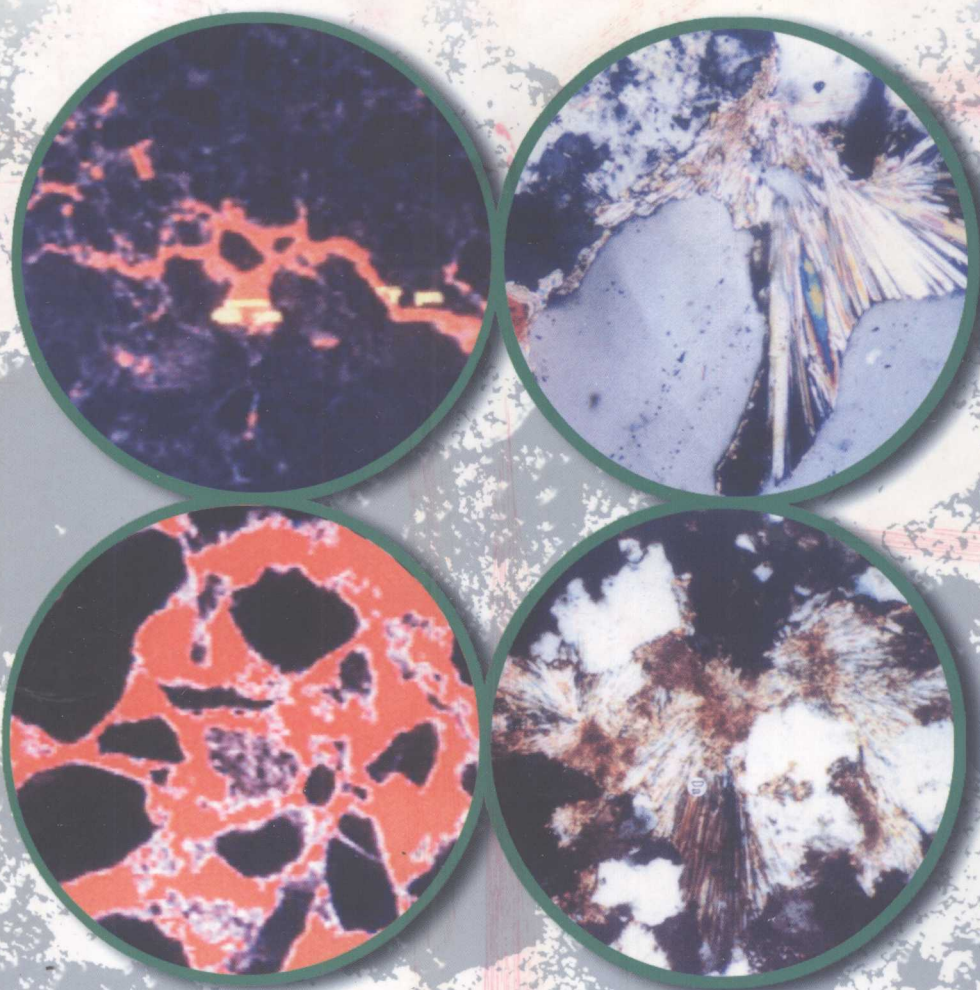


中国含油气盆地

碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟

应凤祥 罗 平 何东博 等著



石油工业出版社

中国含油气盆地碎屑岩储集层 成岩作用与成岩数值模拟

应凤祥 罗 平 何东博 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统总结了我国自“七五—九五”以来有关我国东部拉张型盆地和西部挤压型盆地油气储集层研究成果,特别是成岩作用研究成果。书中提出了新的成岩阶段划分方案及其依据和标志,它是在1992年颁布的“碎屑成岩阶段划分规范”基础上重新制定补充的,增加了盐湖盆地和含煤盆地储集层的成岩特征及划分标志,还总结了2类成岩系列和6种成岩模式以及5个成岩相序列和16个成岩亚相,对油气储集层评价有重要意义。书中对我国含油气盆地次生孔隙发育带的分布和成因,归纳出次生孔隙的6种形成机制和成岩流体的几种类型和流动方式,这些在理论和实际上均有重大指导意义。尤其是成岩数值模拟软件在盆地或油田范围内的应用,为油气储层的区域性评价和预测提供了重要技术手段,使成岩作用研究由局部扩展到盆地范围,由定性向定量以及由一维向二维甚至三维方向发展。并为储层时空分布规律作了预测和评价。

本书可供从事沉积地质和油气储层研究的科技工作者以及石油地质院校教研工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟
应凤祥 等著. —北京:石油工业出版社, 2004. 12
ISBN 7-5021-4816-7

I. 中…

II. 应…

III. 含油气盆地—碎屑岩—成岩作用—中国

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 116069 号

中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 19 插页: 2

字数: 482 千字 印数: 1—1200 册

定价: 60.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

序

应凤祥教授是我国石油系统著名的岩石矿物鉴定与成岩作用研究专家。他 50 年代早期毕业于南京地质探矿专科学校。长期在石油系统玉门油矿地质处实验室、西安地质实验室、四川中心实验室、北京石油科学研究院地质实验室、胜利油田地质实验室工作。1978 年调至中国石油勘探开发研究院实验中心工作至 1995 年退休。

应凤祥教授长期从事含油气储集层成岩作用的研究工作,取得了丰硕的科研成果,积累了宝贵的实践经验。是原石油工业部和中国石油天然气总公司“七五”、“八五”重大科研项目“油气储层评价研究”主要负责人之一。其主要研究成果多次获部级或总公司级科学技术进步奖。

2003 年应凤祥和何东博、龙玉梅、林西生等合作修订编写的《碎屑岩成岩阶段划分》被纳入中华人民共和国石油天然气行业标准(编号 SY/T 5477),由石油工业出版社公开出版发行,供全国油气地质实验室采用。他与王衍琦、王克玉等合作编著的《中国油气储层研究图集(卷 1)——碎屑岩》(1994 年中文版,1997 年英文版)为我国石油地质界进行储集层研究提供了重要的实际资料。

应凤祥教授自退休以后,仍担任中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室学术委员会委员。他孜孜不倦、精益求精地完成了《中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟》专著。本书是在“七五”和“八五”课题成果研究基础上,又补充“九五”及近几年的研究成果。特别在八、九两章中采用成岩数值模拟技术,使成岩作用研究由单井的储集层评价扩展到盆地范围进行研究。并附有冀东油田老爷庙地区和库车坳陷依南地区两个实例应用,为油气储层区域性评价的预测作了示范性的剖析,为石油地质科研工作者打开了新的思路。

我和应凤祥教授曾在北京石油科学研究院、胜利油田石油会战和本院长期共事。他严谨的工作作风,眼到、手到、心到的实践精神给我留下了深刻的印象。本书的出版,是我国石油地质界、岩石矿物学界的一本好书。

中国科学院院士

2004 年 7 月

李德生

前言

中国含油气盆地以陆相油气储集层为主,由于盆地类型、构造发育史和沉积埋藏史以及盆地地温场、盆内流体性质及成岩物质的不同,导致碎屑岩油气储集层在沉积、成岩特征上存在明显差别,由我国主要含油气盆地大量实际资料表明,不同盆地或坳陷以及同一坳陷内的不同凹陷,甚至同一凹陷内的不同物源区的不同砂体,它们在储层的沉积和成岩特征上也会有很大差别。如拉张型盆地和挤压型盆地之间,在盆地的旋回性、沉积幅度、沉积速率、盆地的地温场、应力场以及盆地或坳陷内的分割性,特别是表现在陆相沉积盆地具有多物源、近物源、堆积快、相变大等特点,导致储层的沉积、成岩特征以及储层质量存在很大差别。特别是后期的成岩作用改造,使储层质量有的得到改善,但有的使物性变差,并使非均质性进一步强化。所以储集层的沉积、成岩特征研究显得十分必要,它与油气田的勘探开发以至油层保护和增产措施的拟订都有密切关系。

从1985年开始,原石油部科技局将油气储集层评价列为部级重点科研项目,还专门成立了油气储集层研究协调小组,由裘怿楠教授任组长,组织了全国石油系统及有关院校共20多个单位约600名科技人员从事62项科研项目研究,在“七五”和“八五”期间,对中国主要含油气盆地储集层作了广泛深入的研究,目的是要总结具有中国特色的陆相含油气盆地储集层的沉积和成岩规律等。现已出版了《中国油气储层研究图集》(包括碎屑岩、碳酸盐岩、岩浆岩和变质岩、沉积构造以及自生矿物·显微荧光·阴极发光共5卷图集)(1994)、《中国陆相油气储集层》(1997)以及《油气储层评价技术》(1997)和有关技术方法等专著。

本书是在“七五”和“八五”期间2个国家级和部级课题研究成果的基础上,又补充“九五”及近几年的研究成果,形成了在我国碎屑岩油气储集层有关成岩作用的较为系统的研究成果。

我国油气储集层的成岩作用研究,始于20世纪70年代末至80年代初,当时随着世界上一些大油气田的发现,认为储集空间的发育多与次生孔隙有关。随着埋深增加,原生孔隙逐渐减少而次生孔隙则相应发育,次生孔隙发育带的存在极大地改善了储层物性,尤其是次生孔隙的分布,其延伸范围要比原生孔隙分布的深度大,而且油气分布的层段也往往是次生孔隙发育的层段(次生油藏除外),这就引起了石油地质界的广泛重视和关注,因为它对油气勘探开发及增产措施的拟定有重大指导意义。尤其对评价和预测有利勘探区和有利的油气分布层段是十分必要和有效的。

现在成岩作用研究已由单井的储集层评价扩展到盆地范围,特别是成岩数值模拟技术的应用,使成岩作用研究由一维向二维并向三维方向发展,成岩评价参数的选取由定性向定量发展,对次生孔隙发育带的分布规律及其形成机理,以及影响物性和成岩演化的控制因素也已基本明确,在研究思路由过去的单一的岩石学研究已逐步与盆地的构造和沉积以及地震、测井和地球化学等资料结合,宏观与微观、局部与整体、沉积和成岩、有机与无机相结合,建立了中国不同水介质湖盆和成岩物质(不同类型砂岩)水岩反应的成岩共生顺序和成岩相序列及划分成岩阶段的具体标志。过去关于成岩阶段划分在国内外没有统一标准,如有

的按埋藏深浅及岩石物理性质变化,有的按自生矿物组合及其转变情况,有的偏重粘土矿物及其物理化学性质,也有偏重于有机质的热成熟度演化及其相应标志,有的则是按照地球化学环境和物理环境来划分,所以标准不尽相同。而国内石油系统则多采用1989年以来我们制定的并在全中国石油系统成岩作用研讨会上发表的以自生矿物的分布及其形成顺序、粘土矿物组合及伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物的转化、有机质成熟度以及岩石物性和结构、构造特点及孔隙类型等4个方面,作为划分成岩阶段的依据并提出具体划分方案和标志,于1992年在石油系统内作为统一标准正式发布执行并于2003年作了修订,增加了含煤地层及盐湖盆地储层的成岩演化特征。此外,还应用自生矿物中的流体包裹体均一化温度及有关成岩参数等,已使成岩阶段划分标志定量化,并具综合性和可操作性。

在储集层成岩作用研究的分析技术手段上也有一定创新,如岩石薄片多用片的研制,即同一块岩石薄片既可作岩石成分的显微镜下鉴定,也可作阴极发光观察及照相、扫描电镜的背散电子图像观察和孔隙结构的定量统计以及能谱、电子探针的元素成分分析,也可作X衍射分析、显微红外光谱分析,这些为疑难矿物的鉴别提供了各种物理、化学性质的信息。

此外,根据成岩作用研究的需要,在国内率先研究伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物的混层比计算方法以及I/S混层比演化的划分方案,所划分的蒙皂石带、渐变带、第一、第二迅速转化带及第三转化带为成岩阶段划分提供了重要依据。开创了在铸体薄片中加入荧光剂,利用其在激光共聚焦扫描显微镜下的发光特性,测量岩石孔隙度及研究孔隙结构的新技术。还在国内率先开展油田水及干酪根中有机酸的分析,为次生孔隙分布成因及预测提供了依据,此外,还用阴极发光显微镜,研究了矿物的发光与元素之间的关系。利用各种测试技术建立了各种碳酸盐胶结物的鉴别标志,并总结其在成岩过程中的分布规律及产状,也为成岩阶段划分提供了重要依据。

本书共分九章。

第一章简述了我国油气储集层的分布和特点。

第二章对碎屑岩油气储集层成岩作用研究现状及发展趋向和主要测试技术作了叙述。

第三章比较系统的提出划分成岩阶段的4方面依据,即利用自生矿物、粘土矿物特别是I/S混层粘土矿物、有机质热成熟度指标和储层物性及孔隙结构和类型的变化。

第四章提出了中国碎屑岩储集层成岩阶段划分标准和各成岩阶段划分的具体标志。

第五章总结了我国东部拉张型裂谷盆地碎屑岩储集层的基本特征、砂体类型及其在不同裂谷演化阶段中分布情况,划分了5种主要成岩相和16个成岩亚相,划分了东部各拗陷储集层所处的成岩阶段,总结了次生孔隙发育带的分布、成因及成岩流体的几种流动方式,对储集层物性及其影响因素也作了论述。

第六章总结了我国西部挤压型盆地,包括吐哈盆地台北凹陷侏罗系、柴达木盆地北缘下侏罗统和塔里木盆地库车拗陷下侏罗统以含煤地层为代表的储集层特征,包括储集层的沉积、成岩特征(包括砂体类型、成岩相序列和成岩阶段划分、储层物性及其影响因素)。并对东、西部两类沉积盆地异常高压的成因作了比较。

第七章论述了中国碎屑岩储集层次生孔隙的6种形成机制及有利孔隙带的分布规律,划分了2类成岩系列和6种成岩模式,强调了成岩流体研究的重要性。

第八章简述了成岩数值模拟的研究目的、意义、原理及方法,选取成岩定量指标和建立成岩演化模型(包括埋藏史、热史、成岩史模型等)。

第九章利用成岩数值模拟软件,在冀东油田和库车拗陷作了成岩数值模拟,取得较好效

果,进行了埋藏史和成岩史模拟,对其不同地史时期的埋藏史、成岩史、生烃史和孔隙演化史有了基本了解,在编制各成岩参数指标(R_o 、 T_{max} 、I/S混层演化和石英次生加大等)平面分布图基础上,编制成岩阶段平面分布预测图,可以了解次生孔隙发育带的分布并进行烃类相态预测,再结合砂体和沉积相及物性分区及构造图和地层等厚图等资料为有利勘探地区的选择提供依据。

本书由应凤祥、罗平、何东博等著,具体分工如下:第一章:应凤祥、罗平、王克玉;第二、三章:应凤祥;第四章:应凤祥、何东博、龙玉梅、林西生;第五章:应凤祥、罗平;第六章:应凤祥、郭宏莉、李宏、朱如凯;第七章:应凤祥;第八、九章:何东博、应凤祥、孟元林。

参加本书编写和合作研究的尚有王衍琦、杨式升、崔京钢、何锦发、魏宝和、王汇彤、唐黎平、闫继红、李予喜、周宏燕以及地质大学郑浚茂、冀东油田董月霞、辽河油田陈振岩、青海油田马立协等,李选负责本书文字打字和图表的编制。全书由应凤祥、罗平统稿和定稿。

本书是在中国石油天然气集团公司科技发展部和中国石油股份公司科技与信息管理部及中国石油勘探开发研究院及其石油地质实验研究中心和集团公司油气储层重点实验室有关领导支持和关心下完成的。裘怿楠、薛叔浩教授给予了指导和帮助,在此一并致谢。

应凤祥
2004年5月

目 录

第一章 中国碎屑岩油气储集层	(1)
第一节 油气储集层分布概述	(1)
第二节 油气储集层特点	(3)
第三节 碎屑岩天然气储集层特点	(15)
第二章 碎屑岩油气储集层成岩作用研究现状及主要测试技术	(26)
第一节 研究成岩作用的石油地质意义及研究现状	(26)
第二节 国内外学者关于成岩阶段划分的几种方案	(31)
第三节 研究成岩作用的主要测试技术	(37)
第三章 中国碎屑岩油气储集层成岩阶段划分依据	(47)
第一节 自生矿物类型、分布及其形成温度作为划分成岩阶段的重要依据	(47)
第二节 I/S 混层粘土矿物的演变作为划分成岩阶段的重要依据	(59)
第三节 有机质热成熟度有关指标	(84)
第四节 储集层物性及孔隙结构和类型的演化	(86)
第四章 碎屑岩储集层成岩阶段划分标准及标志	(91)
第一节 同生成岩阶段的主要标志	(91)
第二节 淡水—半咸水水介质湖盆碎屑岩成岩阶段划分及主要标志	(93)
第三节 酸性水介质湖盆(含煤地层)碎屑岩成岩阶段划分及主要标志	(95)
第四节 碱性水介质湖盆(盐湖盆地)碎屑岩成岩阶段划分及主要标志	(97)
第五节 表生成岩阶段的主要标志	(99)
第五章 中国东部拉张型裂谷盆地碎屑岩储集层	(101)
第一节 储集层基本特征及分布	(101)
第二节 砂体类型及分布	(116)
第三节 成岩相序列和成岩阶段划分	(120)
第四节 次生孔隙发育带分布及成因分析	(127)
第五节 深部储集层物性及其影响因素	(133)
第六章 我国西部挤压型盆地含煤地层碎屑岩储集层	(142)
第一节 西部挤压型山间坳陷盆地——以吐哈盆地台北凹陷侏罗系为例	(142)
第二节 西部挤压型复合盆地——以柴达木盆地北缘冷湖构造带下侏罗统储集层为例	(183)
第三节 西部挤压型前陆盆地——以塔里木盆地库车坳陷依南地区下侏罗统储集层为例	(210)
第七章 成岩流体与次生孔隙研究	(224)
第一节 流体研究重要性及现状	(224)
第二节 我国含油气盆地有利孔隙带的分布	(229)
第三节 次生孔隙成因与成岩流体	(231)

第八章 成岩作用数值模拟	(239)
第一节 成岩作用数值模拟概述	(239)
第二节 成岩作用数值模拟原理及方法	(240)
第三节 成岩演化模型	(243)
第四节 成岩数值模拟预测精度分析	(247)
第九章 成岩作用数值模拟地质应用实例	(249)
第一节 冀东油田老爷庙地区成岩作用数值模拟	(249)
第二节 库车坳陷依南地区下侏罗统储集层成岩数值模拟	(265)
参考文献	(279)
附录	(285)

第一章 中国碎屑岩油气储集层

第一节 油气储集层分布概述

中国以陆相沉积盆地产油著称于世,至1987年,全国已对142个沉积盆地作了评价,其中大于 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的大型盆地13个, $(1 \sim 10) \times 10^4 \text{ km}^2$ 的中型盆地40个, $(0.1 \sim 1) \times 10^4 \text{ km}^2$ 小型盆地89个。全国沉积岩分布面积为 $669 \times 10^4 \text{ km}^2$,适于油气勘探的沉积盆地面积约为 $550 \times 10^4 \text{ km}^2$,盆地中生代及前古生代以海相沉积为主,中生代则以陆相沉积为主。

1949年新中国成立前,全国只有3个小油田,产量为 $12 \times 10^4 \text{ t}$,新中国成立后,石油工业获得了迅猛的发展。50年代发现了克拉玛依油田,60年代发现了大庆和渤海湾地区的胜利、大港、辽河等几个大油田,70年代又相继发现河南油田、中原油田、任丘油田以及其他一些油田,至1994年统计,共发现油田300多个,1978年石油产量达到 $1 \times 10^8 \text{ t}$,1991年为1.3亿多吨,当时在世界各国石油产量中名列第五,石油储量名列世界第十。到2002年我国的油气产量已超过 $1.6 \times 10^8 \text{ t}$ 。

中国陆相油气田的大量发现表明,陆相湖盆可以生成大量油气,资源是丰富的,这在石油地质理论上具有重大意义。据统计,中国陆相碎屑岩油田占油田总数80%以上。储量可占90%以上。中国主要含油气盆地油气层系分布见图1-1,我国油气储层的分布,古生代为海相或海陆过渡相,产气及油,中、新生代则以陆相为主,产油及气。

中国含油气盆地储集层的岩石类型也是丰富多彩的,有陆相碎屑岩储集层,包括砂岩、砾岩甚至泥岩,一般以砂质岩为主,克拉玛依油田及渤海湾盆地有砾岩储集层,二连盆地白垩系巴彦花组、松辽盆地青山口组、冀中廊固凹陷中岔口、柳泉地区有泥岩裂缝储集层。也有海相和陆相碳酸盐岩储集层,并有新生古储的各种古潜山风化壳油藏中的火成岩、变质岩、火山岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩等储集层(表1-1),并且有的还具有相当高的产能(表1-2)。

表1-1 储集岩类型统计表

储集岩类型		层 位	分布地区	产油(高产代表井)情况			
				井 号	产油井段 (m)	日产油量 (t)	日产气量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)
碎屑岩类	砂岩	Ed、Es ₁ 、Es ₂ 、Es ₃ 、Es ₄ 、Ek、K、J、T	各盆地广泛分布	坨11	1685.5~2242.8	1134	
	砾岩	Ng、Es ₄ 、Ek、T、P	孤岛、雁翎、克拉玛依	雁24	2782.91~2856.69	1076	
	泥岩	Es、Eg	永安镇、王场、广华寺、冀中、二连、松辽	永54	2933.0~2969.5	67	
火山碎屑岩		Mz	石臼坨-430	渤中6	3425.25~3468.89	344.4	1.3
碳酸盐岩		O、Es ₁ 、Es ₄	渤海湾、塔里木、鄂尔多斯盆地	桩古21	3791.15~4067	2700	21.9
		Es ₃ 、Eg		BZ28	3155~3165	309.6	5.53

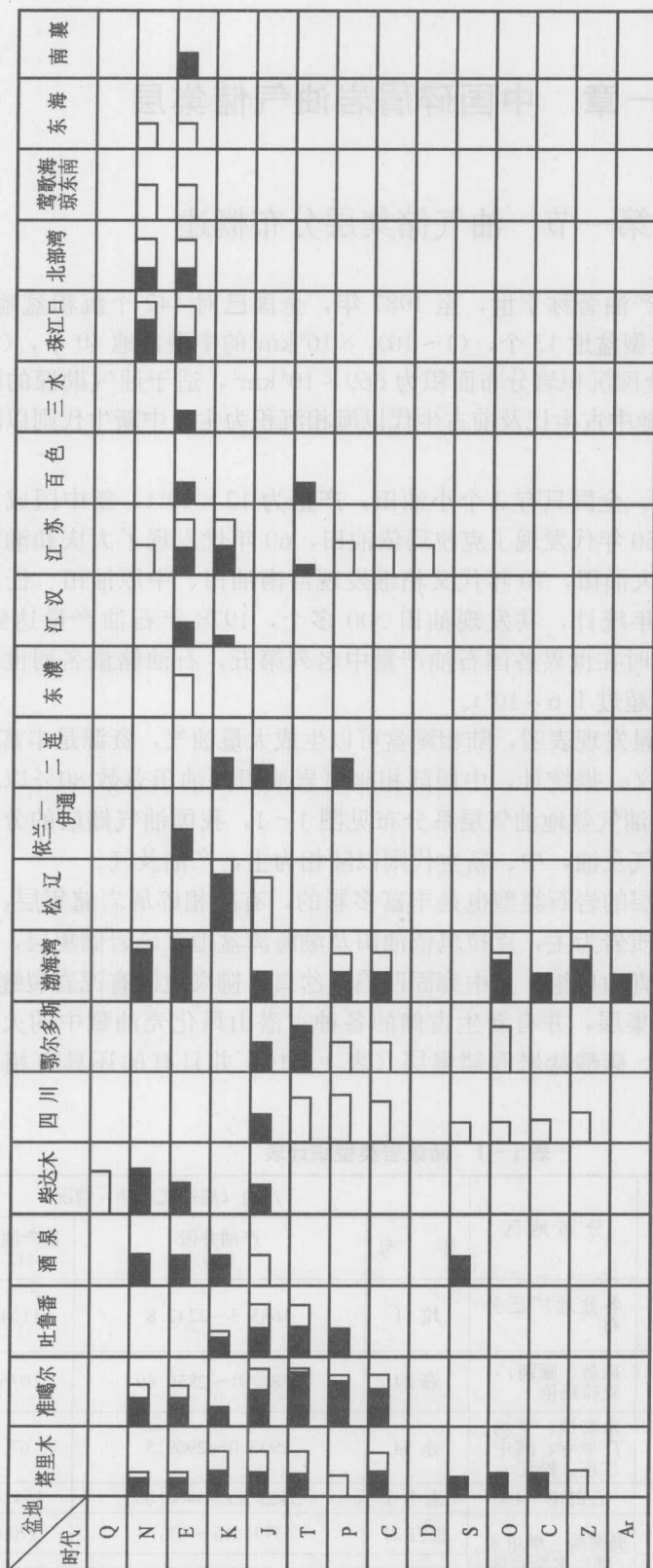


图 1-1 中国主要含油气盆地油气层系分布图
(据赵俭成, 康一丁, 1991; 王涛, 戴金星, 1997; 李德生, 2002; 薛叔浩, 1997, 以及油田资料综合)

表 1-2 我国非沉积岩储集层的岩石类型及时代分布 (据张益铤, 1987)

地 区	储集层岩性	时 代	井 深 (m)	单 井 日 产 油 (t)、气 (m ³)	备 注
辽河拗陷大民屯凹陷中部静安堡潜山	黑云斜长片麻岩—长英质混合岩	太古代	1975~2900	油 150~180	
黄骅拗陷南区风化店	安山岩	中生代	2971~3068	油 750	
渤中拗陷石臼坨隆起	玄武岩—粗面岩	侏罗纪	2844~3201	油 72~38 气 106~74	
济阳拗陷惠民凹陷临南洼陷商河油田南三区	玄武岩	第三纪	1928~1943		

第二节 油气储集层特点

中国油气储集层的分布、性质及其主要控制地质因素,既有与海相油气储集层的共同规律,但又有自己的特色,这些特点包括:

一、盆地构造类型

储集层的分布、性质及成因受多种地质因素控制,不同类型盆地储集层的分布,首先严格受地质构造背景所控制,储集层的性质和形成条件也与构造活动有密切相关。中国的沉积盆地多为叠合盆地,经历过复杂的演化过程,但对油气聚集成藏的重要时期莫过于燕山构造运动时期。根据这个观点,我们将中国沉积盆地按基本构造类型分为拉张型、挤压型和过渡型 3 种(李德生, 2003)(图 1-2 和图 1-3)。我国东部地区属拉张型盆地,西部属挤压型盆地,中部地区属过渡型盆地。由于不同类型盆地构造演化阶段和性质的差别,所以各类湖盆发生、发展和消亡过程有不同,其生油条件、储集层性质也存在明显差异。

二、沉积的旋回性与生储盖组合

由于构造升降的多期活动,导致盆地具多旋回的沉积演化特点,因而陆相盆地常发育多种生、储、盖组合和多套含油气层系。

三、储集层的埋深分布

由于盆地地温场高低不同,导致储集层的埋藏深度有很大差别。我国东部拉张型裂谷盆地地温较高,如松辽和渤海湾盆地属高一中地温区,储集层的埋藏深度浅的只有几百米,中、西部盆地属低地温区,如塔里木盆地含油气储集层的埋藏深度可达 6000m 左右(表 1-3 和图 1-4)。

地温场高低除与地壳厚度、火山活动、岩浆岩性质以及因构造断裂由深部提供热源有关外,还与埋藏史有直接关系,多期构造活动,包括盆地多次抬升甚至地层遭受剥蚀以及地表水的渗入,都会影响地层的聚热效应,使地温降低。而以沉降为主的深埋环境,则有利于地层的聚热效应。塔里木盆地地层较全,从前震旦系到第四系均有分布,但构造运动频繁,共发现 18 个不整合面,其中比较重要的构造运动有 6 次(图 1-5),构造运动频繁也是导致塔里木盆地具有低地温的重要原因之一。

表 1-3 我国主要含油气盆地地温梯度表

成岩阶段 井 深 地 区			中成岩		晚成岩	地温梯度 (℃/100m)	备注	
			A 期	B 期				
			溶解作用带		再胶结作用带			岩石致密 裂缝发育带
			次生孔隙和主要 油层分布井段 (m)		轻质油和凝析气 分布井段 (m)			干气 分布井段 (m)
松辽	大庆油田		<1000~2500	>2500		4.2±	次生油气 藏分布 除外	
	梨树断陷		500~2700	2700~3800	>3800			
依兰 — 伊通	伊通 地堑	五星构造	1200~3000±	>3000		3.9		
		万昌构造	1700~3500	>3500		3.4		
渤 海 湾	济阳 凹陷	东营凹陷	2000±~3500	>3500		3.6±		
		沾化凹陷	2000~3400	3400~4000		3.3		
	辽阳 凹陷	兴隆台油田	2100~3500	>3500		3.6±		
		欢喜岭油田	2600~4200	>4200		2.8±		
	辽 东 湾		1800~3500	>3500		? 4±		
	黄 骅 坳 陷	南区		2300~3500±	>3500			3.5~4
		中区		2600~3900	>3900			
		北区	高柳地区	2900~4200	>4200	>4900		2.8~3
			北堡（北 12-1 井）	3800~4650	>4650			<2.5
	渤海海域		2600~3900	>3900		<3		
	冀中 坳陷	饶阳凹陷		2400~4700	>4700			3.1~3.7
		廊固凹陷		2700~4190	>4190			2.7
	东濮凹陷		2000~4000	>4000		3.5±		
南襄盆地	泌阳凹陷		<1000~2200±	>2000		3.9~>4		
二连盆地			<1000~2200	>2200		4.2（额仁卓尔）		
鄂尔多斯盆地			<1000~2600↓	>2600↓		<3		
苏北— 南黄海盆地	金湖	卞阳地区	>1500			4.1~4.4		
	凹陷	深洼带	>2200			3.5±		
东海盆地			1500~3000	3000~3700		4±		
宁波盆地			1000~2500	>2500		4±		
酒西盆地			<4000	>4000		2.3~3.2		
塔里木 盆地	轮南、英买力地区		4400~6000±	>6000		2~2.2		
	塔中地区		2400~3600±	>3600		2.9±~3.4		
	满加尔地区		3050~4800±	>4800		2.3~2.6		
吐哈 盆地	鄯善地区		2600~4460	>4400		2.7		
	温吉桑地区		>2200					
	托参一井		2200~3100↓	>3100				
柴达木盆地（一里坪凹陷）			1970~3800	>3800		3+		

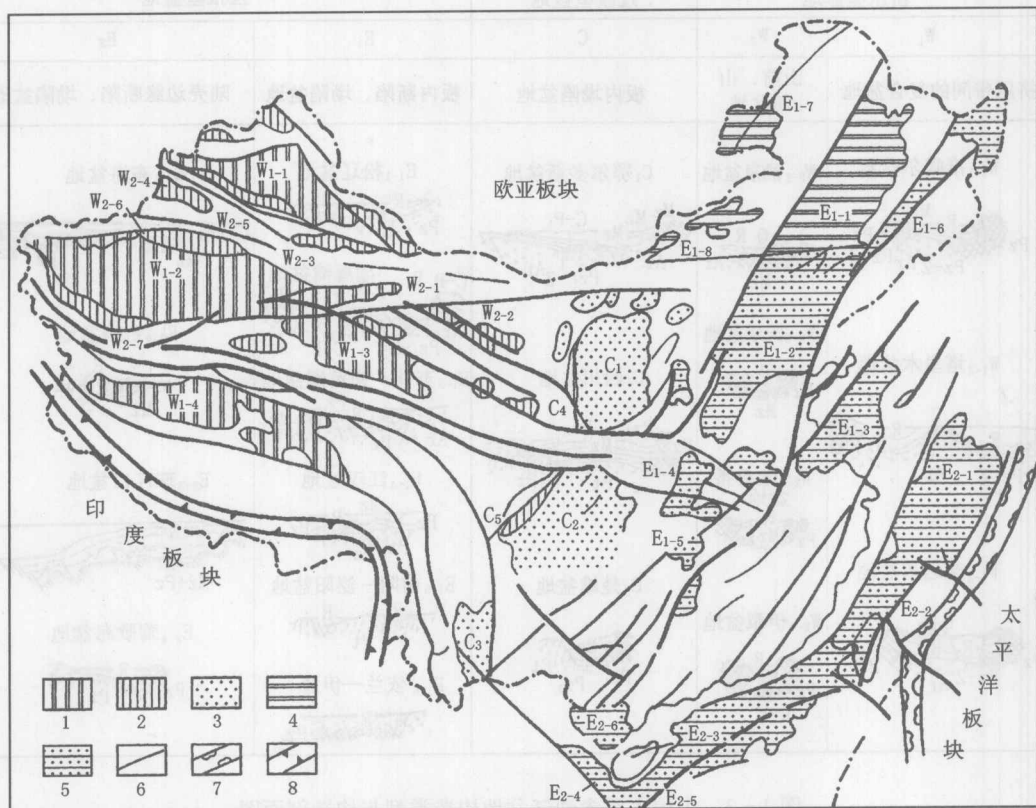


图 1-2 中国沉积盆地构造类型分布图

(据李德生, 2003)

- 1—西部挤压克拉通盆地; W₁₋₁—准噶尔盆地; W₁₋₂—塔里木盆地; W₁₋₃—柴达木盆地; W₁₋₄—羌塘盆地 (藏北); 2—西部挤压前陆或山间盆地; W₂₋₁—酒泉盆地; W₂₋₂—民乐盆地; W₂₋₃—吐鲁番盆地; W₂₋₄—伊犁盆地; W₂₋₅—乌苏盆地; W₂₋₆—库车盆地; W₂₋₇—喀什—叶城盆地; 3—中部过渡型板内沉降盆地; C₁—鄂尔多斯盆地; C₂—四川盆地; C₃—楚雄盆地; C₄—鄂尔多斯西部前陆盆地; C₅—四川西部前陆盆地; 4—东部拉张型中生代裂谷盆地; E₁₋₁—松辽盆地; E₁₋₇—海拉尔盆地; E₁₋₈—二连盆地; 5—东部拉张型新生代裂谷盆地; E₁₋₂—渤海湾盆地; E₁₋₃—苏北—南黄海盆地; E₁₋₄—江汉盆地; E₁₋₅—南阳—泌阳盆地; E₁₋₆—依兰—伊通盆地; E₂₋₁—东海陆架盆地; E₂₋₂—台湾盆地; E₂₋₃—珠江口盆地; E₂₋₄—莺歌海盆地; E₂₋₅—琼东南盆地; E₂₋₆—北部湾盆地; 6—主要断裂; 7—西太平洋俯冲作用带; 8—雅鲁藏布江碰撞带

四、储集层岩石类型

由于陆相沉积盆地往往具有明显的分割性, 所以各凹陷有各自独立沉积体系, 其沉积环境和储集体类型也各有不同, 有河流、三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇、滩坝和冲积扇等各类砂体。生油凹陷控制了油气田的分布格局, 凡是邻近生油区或下伏有生油层的砂体, 往往是有利的油气聚集场所。在各类砂体中, 以河流、三角洲砂体储量最多, 分别占 46% 和 35.4%。

由于盆地具多物源、近物源、堆积快、变化大的特点, 所以岩石的结构成熟度和矿物稳定度均较低, 在东部地区多为长石砂岩或岩屑砂岩类, 西部地区多为岩屑砂岩类, 只有少数

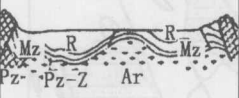
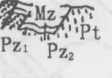
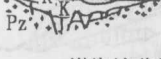
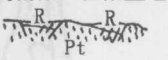
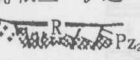
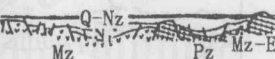
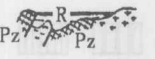
挤压型盆地		过渡型盆地	拉张型盆地	
W ₁	W ₂	C	E ₁	E ₂
挤压带间的复合盆地	山前、山间盆地	板内拗陷盆地	板内断陷、拗陷盆地	陆壳边缘断陷、拗陷盆地
W₁₋₁ 准噶尔盆地  W₁₋₂ 塔里木盆地  W₁₋₃ 柴达木盆地 	W₂₋₁ 酒泉盆地  W₂₋₂ 民乐盆地  W₂₋₃ 吐鲁番盆地  W₂₋₄ 伊犁盆地 	C₁ 鄂尔多斯盆地  C₂ 四川盆地  C₃ 楚雄盆地 	E₁₋₁ 松辽盆地  渤海湾盆地  E₁₋₃ 苏北—南黄海盆地  E₁₋₄ 江汉盆地  E₁₋₅ 南阳—泌阳盆地  E₁₋₆ 依兰—伊通 	E₂₋₁ 东海盆地  E₂₋₂ 台湾盆地  E₂₋₃ 珠江口盆地  E₂₋₄ 莺歌海盆地 

图 1-3 中国主要含油气盆地构造类型与构造剖面图
(据李德生, 2002)

为石英砂岩, 一般岩石分选差、杂基多、连通性不好、非均质严重。

五、砂体类型及含油气性

(一) 含油气盆地储集层的砂体类型

我国含油气盆地储集层砂体类型十分丰富。主要有河流砂体、三角洲砂体、扇三角洲砂体、滩坝砂体、浊流砂体、近岸水下扇砂体及洪(冲)积扇砾岩砂体。

按储集层成因类型从近物源至湖盆中心可以包括: 冲积扇、辫状河、曲流河、三角洲平原分流河道、三角洲前缘水下分流河道、河口坝、席状砂、浅水滩、坝及深水浊积砂等。

盆地在不同沉积演化时期发育不同的沉积体系和储集层类型, 如盆地在早期沉积以冲积扇、河流沉积为主, 中期以扇三角洲、湖底扇、近岸水下扇及滩、坝沉积为主, 晚期以河流、三角洲沉积为主(图 1-6)。

(二) 各类砂体的产油状况

上述的各类砂体都已发现不同规模的油田(表 1-4)。

(三) 断陷盆地和挤压型盆地砂体类型及分布

断陷盆地, 沿断裂带有多期基性火山岩喷发, 在沉积上突出的特点是沉降幅度大, 堆积速率高, 在强烈的拉张深陷期, 常表现出持续的非补偿深水环境, 形成厚层暗色泥岩, 有些断陷盆地多期断块活动结果, 发育多套暗色泥岩, 生油岩体积大。盆地不断沉降, 有利于有机质向烃类转化, 其油气潜力大。如渤海湾盆地等, 断陷盆地沉积以箕状凹陷为主, 发育近

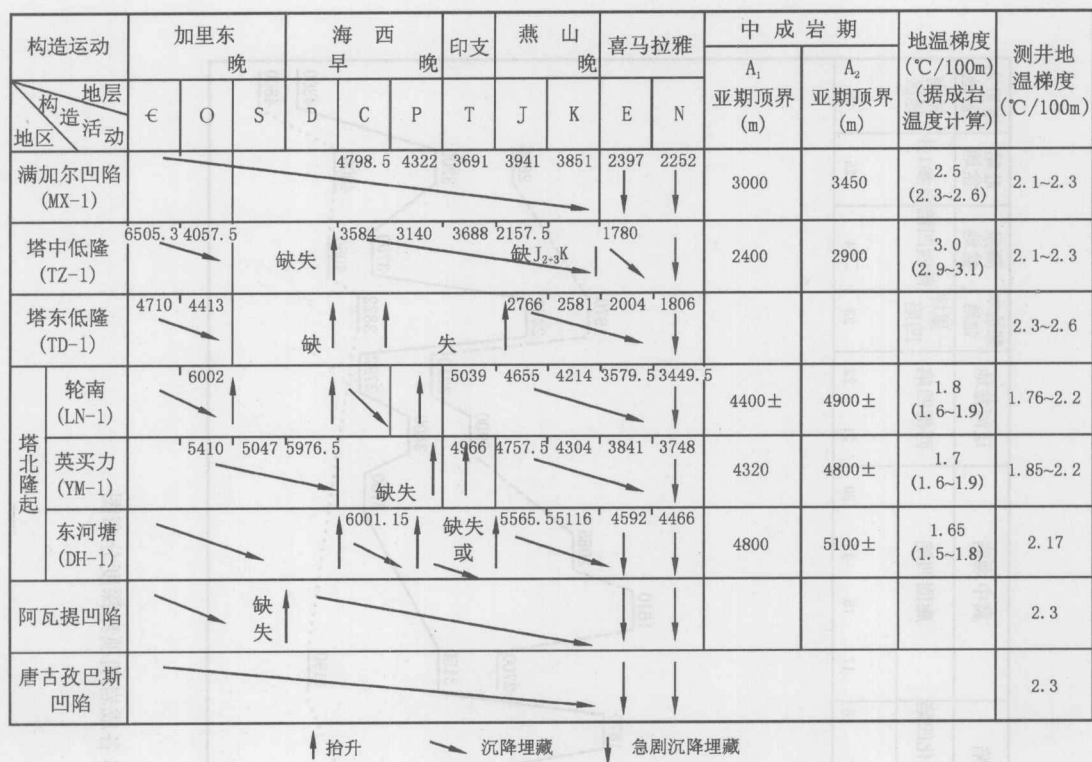


图 1-5 塔里木盆地不同地区埋藏史和构造运动示意图

源短流、相带窄或不完整的沉积体系。常见的储集层砂体类型有扇三角洲砂体、近岸水下扇砂体（近岸浊积扇砂体）、湖底扇重力流砂体（图 1-7），在山间小盆地有冲积扇砂体及河流砂体等。

表 1-4 各类砂体产油状况表

砂体类型	油田名称	储量规模
河流	陕甘宁 (J ₁)、东营孤东 (N)、黄骅大港 (N)、南堡冀东 (N)、东濮文留 (Es)	几千万吨级
三角洲	松辽大庆 (K ₁)、东营胜坨 (Es)、辽河 (Es)、柴达木朵斯库勒 (E)	几亿至十亿吨级
扇三角洲	辽河西部 (Es)、南阳双河 (Eh)、东濮濮城 (Es)	几千万吨级
水下扇	南堡冀东 (Es)、黄骅羊二庄、沈青庄、北塘 (Es)	几百万至几千万吨级
滩、坝	东濮文留 (Es)、黄骅南大港 (Es)、东营平方王 (Es)	几千万吨级
冲 (洪) 积扇	准噶尔西北缘克拉玛依 (T)、鸭儿峡	几亿吨级
湖底扇	辽河 (Es)、黄骅大港 (Es)、东濮白庙 (Es)	几千万吨级

在挤压背景下的坳陷盆地，盆地相对抬升，物源供给充足，经常处于补偿和超补偿状态，深水沉积区范围小，暗色泥岩的面积占全盆地面积比例小，盆地内有的发育源远、流长、相带完整、分布面积广的沉积体系，常见的储集层砂体类型在陆上以河道砂体为主，浅水区发育三角洲砂体，深水区有浊积岩砂体等（图 1-8）。